

国鉄奥羽本線米代川橋梁 PC 桁の製作, 架設について

鈴木季一朗

1. 緒 言

建設省の河川改修工事とともない奥羽本線米代川鉄道橋において、起点方に径間を約 70m 拡張することになり橋桁型式、径間割、地形、線形等について工事施工の難易、経済性等を検討した結果、全長 18.7m の PC 桁 5 連をフレシネー方式により現場製作して横取工法により架設した（写真-1）。以下は PC 桁の現場製作および架設についての報告である。

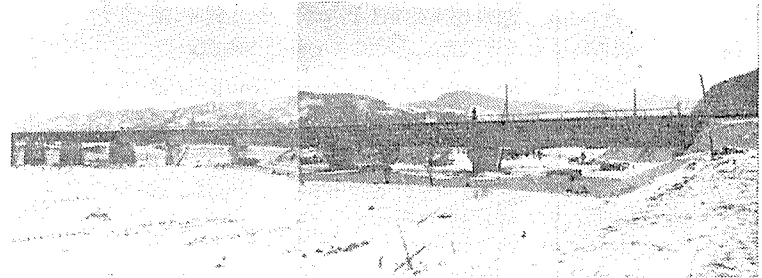


写真-1

2. 位置, 線路状況および在来橋梁

米代川鉄道橋は、奥羽本線 富根・ニツ井間 福島起点 370.8 km の地点に架設され、河口能代市から上流約 24 km 付近にある。現場は単線、起点方は半径 400 m の曲線で 8.3% の上り勾配、橋梁上は直線水平、終点方は直線で 4.5% の下り勾配となっている。在来橋梁は上路鉄桁が 11 連架設されており、橋台面間長は約 280 m となっている。径間拡張される起点方は河川の高水敷で築堤高は約 5 m である。

3. 設計大要

橋梁の設計条件は表-1 のとおりで、桁下空高は計画高水位から 1.5 m とし、PC 桁の形状寸法は図-1, 2, 3 のとおりである。また桁断面応力度は表-2 のとおりである。PC 桁の架設区間は半径 400 m の曲線中でその上第 1 および第 2 連目は勾配の変換ともなう縦曲線区間に架設されることになり、道床式の PC 桁構造が有利となったものである。

表-1 PC 桁設計条件

種別	プレストレスト コンクリート			
形式	ポストテンション方式 T型単純2主桁			
活荷重	KS 18			
衝撃係数	0.38			
桁長	18.70			
支間	18.14			
巾員	3.20			
高さ	1.70			
角度	直角			
コンクリート (主桁)	圧縮強度	(材令 28 日) (導入時)	σ_{28}	400 kg/cm ²
	許容曲げ圧縮応力度	(設計荷重)	σ_{cut}	320
		(導入時)	σ_{ca}	130
	許容曲げ引張応力度	(設計荷重)	σ_{cat}	170
(導入時)		$\sigma_{ca'}$	0	
許容斜引張応力度	(設計荷重)	$\sigma_{ca't}$	10	
	(設計荷重)	σ_{ca}	9	
場所打ち コンクリート (目地・隔壁)	圧縮強度	(材令 28 日) (横方向導入時)	σ_{28}	300
	許容曲げ引張応力度			250
PC鋼線 $\phi 7 \text{ mm} \times 12$	引張強度	(設計荷重) (初期) (導入直後) (有効)	σ_{pu}	155 kg/cm ²
	降伏点応力度		σ_{py}	130
	許容引張応力度		σ_{pa}	93
	引張応力度		σ_{pi}	121.5
			σ_{pt}	93.0
			σ_{pe}	73.5
PC鋼棒 $\phi 24 \text{ mm}$	引張強度	(有効)	σ_{pu}	90
	降伏点応力度		σ_{py}	80
	許容引張応力度		σ_{pa}	56
	引張応力度		σ_{pi}	60

図-1

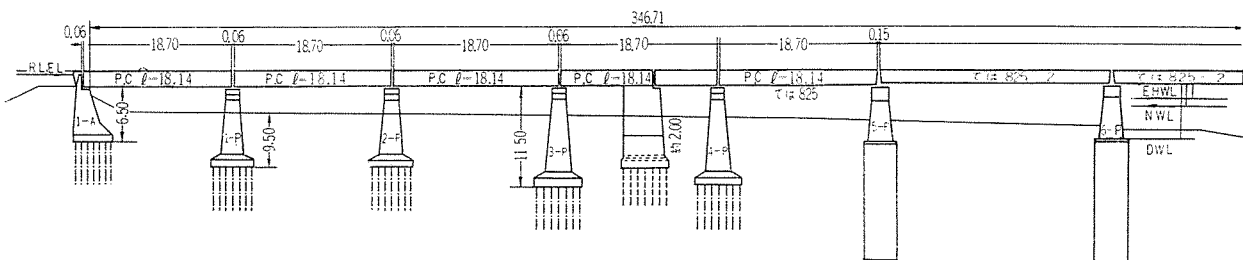


図-2 PC 桁断面

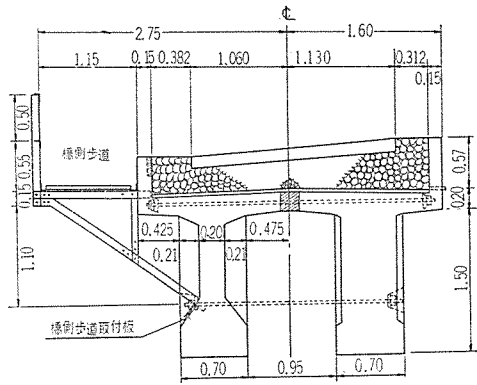


図-3 PC 桁

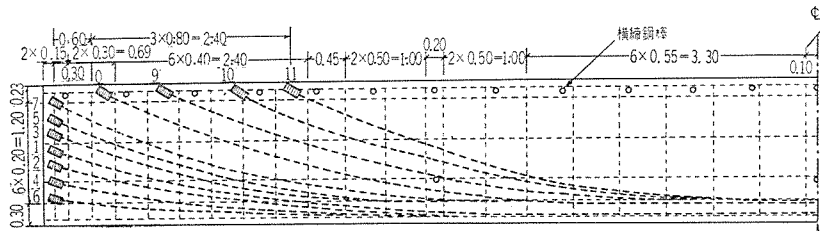


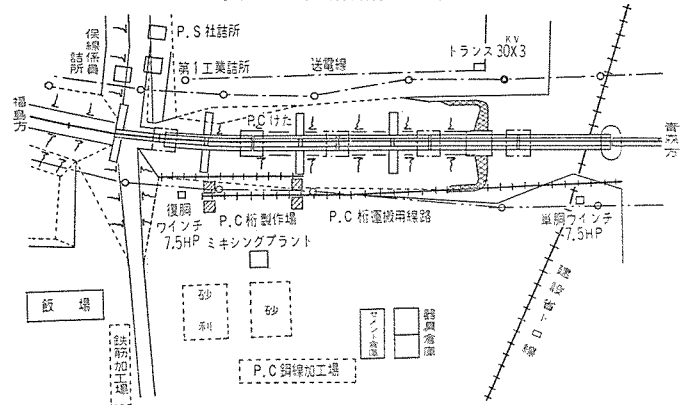
表-2 PC 桁設計断面応力度

項	目	応 力 度		備 考
1	自重による応力度	上縁 -22.2 kg/cm ²	下縁 29.5 kg/cm ²	(-)圧縮応力度
2	自重以外の静荷重応力度	-18.4	23.2	(+)引張応力度
3	橋側歩道の群集荷重応力度	-2.5	3.1	
3の2	$\Sigma \Delta_1$ 計	-43.1	55.8	
4	活荷重 (衝撃をふくむ) 応力度	-51.8	65.2	
4の2	$\Sigma \Delta_1$ 計	-94.9	121.0	
5	導入プレストレス	31.9	-155.9	
6	有効プレストレス	25.2	-123.0	
7	静荷重が作用した時の合成応力度 ($\Sigma \Delta_1$) + (6)	-15.6	-70.3	
8	設計荷重作用時の合成応力度 (4の2) + (6)	-69.7	-2.0	
9	斜引張応力度	10.7 kg/cm ²		
10	活荷重に対するひびわれ安全率	1.8 > 1.4		
11	全荷重に対する破壊安全率	2.58 > 2.0		

表-3 PC 桁工事工程表

工事種別	単位	数量	7月		8月		9月		10月		11月		12月	
			10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
PC 桁 製作	コンクリート	根拠	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	杭打	ヶ所	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	コンクリート仮設撤去		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	型枠	組立取外式	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	鉄筋加工	組立	t	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PC 鋼線加工	配線	m	20 ⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	主桁	コンクリート打設養生	m ³	20 ⁴	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	主桁	緊張およびグラウト工	本	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PC 桁	横取運搬	ヶ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	〃	扛上	ヶ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	〃	横取修正組立	ヶ	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	隔壁	の目地	コンクリート	m ³	2 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	〃	横緊張	グラウト工		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	砂利	止および後理	コンクリート	m ³	3 ⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	防	水	工	m ²	59 ⁹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	軌道	整備 (道床枕木軌条敷設)	連	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PC 桁	架設	ヶ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

図-4 現場設備平面略図



4. 工事工程

本工事は昭和 34 年 7 月着工して同年 11 月最終連を架設して 12 月に竣工した。表-3 はこれらの工事工程表である。

5. 現場設備

図-4 は現場設備平面略図である。

(1) PC 桁製作場 線路右側 (上流方) 約 20 m の所に PC 桁製作用ベンチ コンクリートを打ち、両端は杭基礎として丸太 φ18 cm 長さ 3.7 m を 1 カ所 6 本打ちとし、桁 2 本分を設けた。

(2) ミキシングプラント ベンチ コンクリートから 約 10 m はなしてプラントを設けプラントには、8 切円筒型定置式ミキサ 1 台および骨材計量のハカリ 2 台、水槽等を設置した。

(3) 骨材置場 ミキシングプラントの後方で古まくら木敷とし、上家は設けないでむしろ 2 枚おおいとした。

(4) 電源設備 旧 1 号橋台の左側 (下流方) 約 20 m の所に下部構造物構築のとき設置した 30 kVA × 3 基のトランスから各動力箇所にブランチした。

(5) PC 桁運搬線路 製作された PC 桁を架設箇所に運搬するため、ベンチ コンクリートの間から

延長約 80m を切込砂利突固めの上、古まくら木（14本 /10m）および古 37kg レールを敷設した。

(6) その他 付属建物としてセメント倉庫、飯場、詰所等を設けた。

6. PC 桁の製作および組立

(1) 材 料

a) 粗骨材 現場から約 14 km の米代川支流藤琴川筋産の天然砂利で最大粒径 30 mm, 比重 2.81, FM 7.23 のものを使用した。

b) 細骨材 現場から約 3 km の米代川筋産の天然砂で、最大粒径 5 mm, 比重 2.76, FM 2.73 のものを使用した。

c) セメント 小野田早強セメントで全数国鉄が支給した。

d) PC 鋼線 PC 鋼線は $\phi 7$ mm で神鋼鋼線鋼索 KK の製品である。

e) PC 鋼棒 PC 鋼棒は $\phi 23.2$ mm で住友電気工業 KK の製品である。

f) シース PC 鋼線用は薄鉄板で厚さ 0.4 mm のリブつき $\phi 45$ mm で、PC 鋼棒用は同品質でリブなし $\phi 30$ mm である。

(2) 型 わ く

型わくは鉄型わくとし K K 十二製作所の製品を使用した。鉄型わくとした理由は

① 桁高が高くコンクリート締固めに強力な振動機が用いられるので、木型わくでは変形を起しゆがみおそれがある。

② 振動によって木型わくが変形した場合、2 主桁であるので横緊張鋼棒のさしこみが困難となる。

③ 主桁本数が 10 本であるので、鉄型わくの場合は転用使用でき、そのつどの材料補足は不要で、その上各部の形状寸法を正確に保持できる。

④ PC 桁の形状にこまかい細工がないので鉄板でも成形が容易である。

⑤ 鉄型わくは組立が容易で堅固であり、その上確実である、等である。底飯は厚さ 6 mm 飯で 9 部分に分れ、桁のシュー部分の近くに厚さ 12 mm のくさび形飯を入れ緊張時これを抜き取り、桁の収縮を自由にさせるようにした。

側飯は厚さ 6 mm 飯で 13 部分に分れフランジ上面で排水勾配がつくようフランジの左右端で 60 mm の高さの差がある。型わくの組立接合は山形鋼と側飯のスティフナー飯とで行い、連結ボルトは $\phi 16$ mm である。工事工程上底飯は主桁 2 本分を側飯は 1 本分を準備した。型わくの総重量は約 10 t である。

a) 組立 ベンチ コンクリートの上面には、10 cm 角の台木を約 30 cm 間隔に配置した。これは支点揺動部のローラー（高さ 107 mm）の配置に便ならしめるとともに、底飯下面の組立用山形鋼の刃が直接ベンチ コンクリートに食いこむことをさけるためと、組立接合用ボルトの緊締緩解作業に便ならしむるためである。型わく組立に先立って組立山形鋼の合端にグリースを、型わく内面にははく離材として鉱油を塗った。底飯は桁中央部分から左右へ敷並べボルトで仮締めて組立てた。底飯の水平と通りの整正はレベルで約 2 m 間隔に台木上にライナー（鋼板くさび）を挿入して行い、2 m 間は水系を張ってライナーで整正した。左右の水平は水準器で、通りは水系を張って整正した。揺動部分の構造はシュー飯（厚さ 45 mm）のもとに飯 22 mm-1 枚ローラー $\phi 28$ mm (692×493 mm) および飯 12 mm-1 枚（計 107 mm）を入れて緊張時桁が自由に滑動できるようにした。側飯は一端から片押しに建てこむが、1 枚約 200 kg にもなるので転倒防止のため $\phi 10$ cm の丸太を支材として使用した。妻飯は一端だけ建てこみ、この形で配筋配線を行い、終って他端の妻飯および側飯を建てこんだ。型わくの上面には山形鋼 50×50×6 (28 本) を左右側飯にピン止めとして繫材とした。また No. 8~11 ケーブルの定着舟型型わくはこの繫材にとりつけた。

(3) 配筋と配線

配筋配線に先立ち、PC 鋼線ケーブルの組立を行った。

PC 鋼線の 1 ケーブルは $\phi 7$ mm 鋼線 12 本 1 組でセンター スパイラル用ダイスおよび円形に 12 個の孔のあいた鋼飯をとおして外径約 40 mm のケーブルに仕上げ約 1 m ピッチにブラック テープで巻いて成形し先端をチャックで包んでリブつきシースに縦送りしてケーブルに仕上げる。配筋は側飯にペイントで位置を印し、誤りがないようにした。鉄筋のかぶりはモルタルで駒を作り型わくからのなれを確保した。配線は上下位置について $\pm 1/150 \sim 1/200$ をこえないよう望まれているから、その許容限度は、 $\pm 11 \sim 8$ mm となる。それゆえケーブルの位置はあらかじめ型わく側飯に 2 m ピッチに白ペイントでマークしておき、さらにこの点間はケーブル番号を間違わぬよう色鉛筆でむすんだ。これらの点と線とをベンチとしてケーブルを配線し $\phi 9$ mm 丸鋼に結束鉄線で緊結し丸鋼は堅筋に鉄線で緊結した。配線終了後さらにマークと引照してチェックした。

(4) コンクリート工

a) 配合と練り混ぜ コンクリートの配合は表-4 のとおりでポゾリス No. 5 をセメント量の 0.5% 使用した。練り混ぜは 8 切ミキサーを用い 1 バッチあたりセメント 2 袋を単位として配合を指示した。材料の投入順

表-4 コンクリート(示方)配合表

項目 構造物の種類	粗骨材 最大寸法 (m/m)	スランプ (cm)	単位水量 (kg)	単位セメント 量 (kg)	水セメント 比 (%)	総体細骨 材率 (%)	単位細骨 材量 (kg)	単位粗骨 材量 (kg)	備 考
主 桁	30	3	163	466	35	35	669	1208	$\sigma_{28} : 400 \text{ kg/cm}^2$
隔壁および目地	30	3	163	378	43	37	692	1312	$\sigma_{28} : 300$ "

注 (1) 砂 : 米代川筋天然砂 比重 2.76 F.M 2.73
 (2) 砂利 : 藤琴川筋天然砂利 " 2.81 " 7.23
 (3) ポゾリス No. 5 C×0.5%

序にはいろいろの説があるが本工事においては標準示方書の投入順序により投入して約2分間練り混ぜした。

b) 打込みと締固め コンクリートの打込みはミキシングプラントから、まくら木サドルと歩板で運搬路を作り4切ネコ車で運搬して打込んだ。打込み順序はフランジと腹部を第一とし片側から打込み、終って上フランジのコンクリートを打込んだ。この場合、横締め鋼棒箇所には $\phi 30 \text{ mm}$ の鋼管に油をぬって型わくに通しておき、打込み後約30分くらいから静かに廻して付着を防止し、打込み後約4時間で引抜いた。桁上面の No. 8~11ケーブルの舟型型わくは打込みの際セメントの空袋でおおっておいた。振動機は型わく外側に HV 500型 3/4 IP 2500/rpm 6個を、型わく内部に棒状 $\phi 60 \text{ mm}$ 4個を準備した。壁打振動機は左右側面に向いあって3個ずつとりつけ、これらのスイッチは集中制御方式として自由に1個ずつ稼働できるようにした。上フランジコンクリートは、棒状バイブレーターを約100mm腹部コンクリートにさし込んで、フランジコンクリートが打継目を作らぬよう、また腹部コンクリートが再振動締固めとなるようにした。振動効率をあげるための防振材は特に使用しなかったが、台木は相当効果があったと思う。上面仕上げは内部バイブレーターの使用に引続いてすぐ行なわないと硬化が進んで困難となる。

c) 養生, 脱型 打込みコンクリートの温度は従来の報告によれば打込み10時間で「気温+15~30」°Cであるので養生方法を次のようにした。図-5はコンクリート温度と気温の最高最低および養生方法を示したものであり、シートぬれむしろはすべての桁に、穴明きビニールパイプおよび、じょろによる散水は9月下旬の第6本目の桁まで使用した。なお型わく温度が +50°C を越えたときは型わくにも散水した。

d) 圧縮強度 図-6は主桁コンクリートの σ_3 についての管理図である。 \bar{x} は圧縮強度の平均値 $\frac{\sum \bar{x}}{k=5}$ は連続5個の試験値に対するもの R' は相隣り合っている \bar{x} の差に対するものである。

(5) 緊張およびグラウト工

a) 緊張 緊張の時期は桁コンクリートの圧縮強度

図-5 コンクリート温度と気温および養生方法

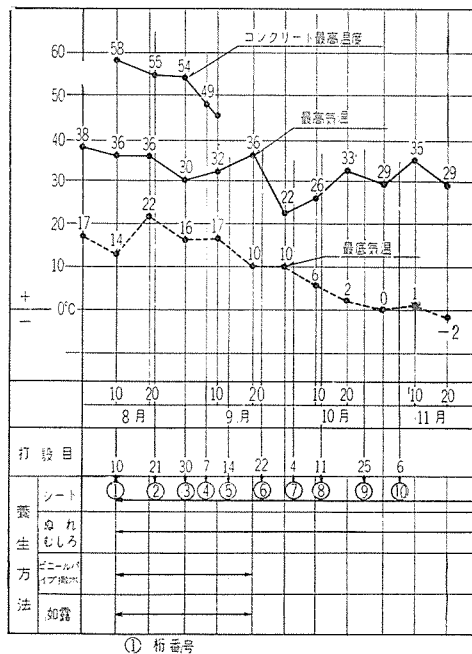
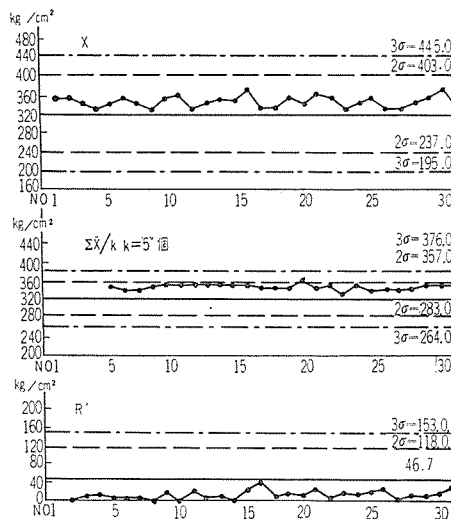


図-6 コンクリートの管理図



が 320 kg/cm^2 以上に達したときである。条件の確認としてテストピースの σ_3 を規準にした。 σ_3 の結果からコンクリート打設後5日目の緊張は何ら不安がなく、さらにまた緊張前シュミットハンマーで、桁の圧縮強度を確認した。PC鋼線の緊張はFKKのE型ジャッキを使用して両端同時に行ったが、緊張前の準備または先行作業として次のことを行った。

1. コンクリート圧縮強度の確認： σ_3 の管理およびテ

ストハンマーによる。

2. ジャッキ類の整備：マンメーターのキャリブレーション，ホースおよびカップリング，バルブ等の機能の確認と補修。

3. ケーブル摩擦損失の測定：

① ジャッキおよび定着装置内における摩擦損失の測定（設計4%，測定3.8%）

② μ, λ の測定（設計 $\mu=0.3/\text{rad}$, $\lambda=0.004/\text{m}$, 測定 $\mu=0.434/\text{rad}$, $\lambda=0.0038/\text{m}$ ）またケーブル単位の総合摩擦係数を求めた（表-5）。

表-5 総合摩擦係数

ケーブル番号	摩擦係数	ケーブル番号	摩擦係数
1	0.25	7	0.28
2	0.22	8	0.28
3	0.27	9	0.34
4	0.19	10	0.30
5	0.28	11	0.28
6	0.12		

③ 緊張力の損失計算

i) PC鋼線のレラクセーションによる損失

ii) コンクリートの弾性変形による損失

これらから現場における，桁端実緊張力およびマンメーターのよみ，PC鋼線の抜け出し量等を計算算出した。

4. 型わく底飯くさび飯の取りはずし

5. ケーブルの型わく定着金具の取りはずし

6. PC鋼線のさび取り（浮きさびをとる。ジャッキ定着くさびのあたる部分長さ100~150mmをサンドペーパーでみがく）。

7. ジャッキ吊り三マタの作製（ジャッキの操作に便なるようφ12cm丸太で作る）

などである。

緊張順序は図-3の緊張番号の順序で行った。1組の作業人員は桁の両端につきそれぞれ技術員とも5人で1ケーブルの実緊張時間は約20分間であり，11ケーブルで総時間4時間くらいであった。PC鋼線の緊張はマンメーターを50kg/cm²ピッチに所定の計算緊張力まであげ，おすコーンの押しこみはさらに10kg/cm²上げて行った。引張応力度は

i) ジャッキのマンメーターのよみ

ii) PC鋼線抜け出し量

iii) 桁のそり

等で照査した。なお記録は

i) ジャッキマンメーターよみ

ii) PC鋼線抜け出し量

iii) おすコーン押しこみ後のPC鋼線のすべり量

iv) 桁の短縮とそり

v) 天候その他

等である。PC鋼線の測定はmm単位のスケールで，桁のそりはダイヤルゲージで測定した。緊張作業が終わったからジャッキマンメーターのよみおよびPC鋼線の抜け出し量，定着時のPC鋼線のすべり等から，桁中央における鋼線の引張応力度を推定した。その結果，桁中央における鋼線の引張応力度は所要引張応力度（ $\sigma_p=8900\sim 9400\text{ kg/cm}^2$ ）の範囲内にあり，桁中央においてコンクリートに所要の圧縮応力度が入っていると認められた。

b) グラウト工 注入作業の前に次の準備が必要である。

① PC鋼線端の切断：一端約70cmの余裕があり約2cm残してガスで切断する。

② おすコーンとめすコーンのすき間にグラウトの漏洩を防ぐため脱脂綿を矢でつめる。

③ シース内の水洗い（1~2kg/cm²で）および圧さく空気でエアーブロー（約6kg/cm²で余剰水の排除）

④ 注入器機，材料の整備：注入は手動ポンプで行い表-6の配合のセメントペーストを注入した。注入初圧

表-6 グラウト配合表

セメント C	ポゾラン F	w/c+F (%)	ポゾリス No. 5	アルミ粉	フロー値 (秒)
10	1	40	0.5% C	C/10 000	13~18

は約2kg/cm²で2~3分間で他端から流出し，流出モルタルのフロー値が注入口と同じ13~16秒になったら木栓を差しこみ，圧力を6kg/cm²にあげて約1分間そのまま保持した。注入作業は11ケーブル約3時間であり，使用したグラウトミキサは1500rpmである。材料の投入順序は水，液状ポゾリス，セメント，フライアッシュで約2分間練り混ぜてから，アルミ粉を入れさらに3分間練り混ぜた。

(6) 後埋コンクリート工

PC鋼線定着部のコンクリートで，桁1本約0.2m³である。コンクリートの配合は主桁と同じであるが，型わくの押えはPC鋼線切断の際1ケーブルで2本の鋼線をガスでなまして水平にL型に曲げ，これをアンカーにしてせき板を鉄線で引きつけ組立てる形とした。コンクリートの締固めはせき板に棒状振動機をそわせ振動を与えて行った。

(7) 運搬こう上

PC桁の運搬こう上は主桁1本ずつ行った。

a) 運搬 桁の運搬はまず桁の転倒防止のために桁の両端においてその上下を角材ではさみこの角材をφ19mmボルトで緊締し下角材には桁の上フランジから支材としてφ18cmの丸太を斜にかかった。また桁こう上低下のためのジャッキ受は桁端から1.5mの位置に設けた桁の両側で桁にそわせて高さ約0.4mのZ型ジャック

キ受け金具をかい相互の緊締はボルトで行った。この装置ができたら桁をジャッキアップしてスチールボール(φ8cm 1個の耐荷力約3t)をさしこみ、3tレバーブロックで約2m横取してこう上し、スチールボールを抜いて運搬用トロ(35t)にのせた。この作業は技術員ほか5人で約1日の工程である。運搬には縦引きに3tレバーブロック4個を使用し「オシミ」にはウインチを使った。第4および第5連目の運搬線路は地形的に曲線と勾配とで第5連目は初めてでもあって特に慎重に行った。第1および第2連目は別に運搬線約40mを敷設して起点方へ運搬した。

b) こう上 新桁座面と運搬される地盤との高低差は約2.4~4.5mであり橋脚構築のために架設された仮桁の高さの関係からさらに0.4mの高さがこれに加わり、この高さはすなわちPC桁の所要こう上量である。こう上の方法については i) ワイヤーによる吊り上げ方式, ii) ジャッキアップ方式, があり, 桁の重量(50t)と作業の安全性とを検討した結果, ii) のジャッキアップ方式をとることにした。さらに作業を安全確実にするためφ36cm長さ9mの丸太で二マタを作りジャッキアップの補助としてワイヤーで吊り上げる形をとった。こう上作業は片側ずつの作業として35tジャッキ2台で約20cmジャッキアップしては並まくら木で井桁に組みつつこう上する形をとった。この作業は不なれと古まくら木の圧縮による不等沈下等のため片側1組技術員外6人で8時間かかり、まくら木10段(約1.4m)という実績であった。最初の第5連目はまくら木使用総数約1000本、段取りからこう上終了まで8日間であった。

(8) 組立

まくら木サンドルでこう上したPC桁は、組立および架設用ステージング上に横取りして一連の橋桁に組立てなければならない。サンドルとステージングの間には約0.5mのはなれがあるので、この間には古37kgレール $l=3.0m$ 7本組をわたり、角材20cmをまくら材として、スチールボールで架設用走行トロに横取り載荷する。2本目の桁も同じ方法で横取り載荷する。組立架設用ステージングの構造は下部構造物構築の際の埋戻し土に深さ約0.6m間は栗石に目潰切込砂利を入れて突固め、その上に古まくら木べた基礎として尺角のまくら材を入れ、柱はφ18cm丸太3杭列で正面間隔0.9m側面間隔0.6mで上部貫材の上には古30kgレール5本組3個を設けた。桁の組立は次の順序で行った。

- a) PC桁の高低、通り、間隔の整正
- b) 隔壁および目地コンクリート工
- c) 横緊張およびグラウト工

a) PC桁の高低、通り、間隔の整正 PC桁の整

正は横取りトロのまわりにサンドルを組み、下げ振りと水系とを用いてジャッキアップして行った。その順序は

- ① 線路方向位置の整正
- ② 桁間隔の整正
- ③ シュー底版を同一平面上に整正

等で、この作業は7人で約2時間を要した。

b) 隔壁および目地コンクリート工 隔壁および目地コンクリート打ちの前に上下の横締め鋼棒のシースをこの部分に入れる。シースはφ30mmのリブなしで両部分とも作業上中央で約40mm重ねつぎとし端部は既設のコンクリートに約40mmさしこみ(注:コンクリート打設部分にはシースはない)これらの箇所はブラックテープで二重以上にまき、セメントペーストのシース内への流入を防止した。隔壁(厚さ0.3m)の型わくの底版は桁下の通し足場から坊主丸太をかってうけ、縦のせき板は左右からお互いを鉄線でせめた。型わく内面にははく離材として石けん液を塗布した。型わく取付は5カ所で大工1人、鳶工4人で約0.5日、取外しは鳶工2人で約0.5日であった。目地コンクリート(巾0.2m)の型わく底版は鉄筋棒を約30cmピッチに2本の桁の上面にかけわたし、これから鉄線で底版の棧木を吊上げてしめた。コンクリートはプラントからネコ車で運搬して木箱にあげウインチで桁上面まで吊上げて打込んだ。締固めは、隔壁は一層約30cmごとに、目地は約30cmピッチに棒状バイブレーターをかけた。養生は目地コンクリートの上面にぬれむしろ2枚をかぶせておいた。

(9) 横緊張およびグラウト工

横緊張の時期はコンクリートの圧縮強度が 250 kg/cm^2 のときであり各桁について隔壁コンクリートの σ_c をテストしたところ、すべて 250 kg/cm^2 以上であって打設後4日目の横緊張時には十分安全なコンクリートであると認められた。

横緊張は30t容量のセンターホール、オイルジャッキを用いて行った。緊張順序は桁中央上下→桁端上下→中間とし設計の引張力は1本25tでありこの場合PC鋼棒ののびは上部鋼棒($l=2.8m$)で7.8cm、下部鋼棒($l=2.1m$)で5.7cmである。現場実測ののびの平均は上部7.2cm下部5.8cmであった。引張力の照査は①オイルジャッキのゲージ、②PC鋼棒ののびで行った。

グラウト工法は主桁の場合と全く同じだが、ただ異なるのは、ペーストの注入孔を鋼棒端のアンカー飯($120\times 120\times 30\text{ mm}$)に斜にあげ、銅管加工のノズルで注入したことである。鋼棒の緊張とグラウト工は技術員外5人で約1日の工程で、そのうちグラウト工は約40%である。

(10) 砂利止め側壁コンクリート工・防水モルタル工

a) 砂利止め 道床バラストの砂利止めとして厚さ

15 cm の側壁を設け内軌側はまくら木更替作業に便なるよう、はめこみ式側板とした。前述のようにこの区間は曲線区間であるので側壁高は内軌は 0.42 m で一定、外軌は 0.57 m からカントに応じて連 1 ずつ漸減してゆくようにした。側壁下側（上フランジ端部）には 24 mm の △ 形面木を入れて水切りとした。また排水管として φ 25 mm のビニール管をピッチ 2 m として側壁に埋込み、縁端から 50 mm 管先を出した。型わくおよびコンクリート工は一般工法によった。

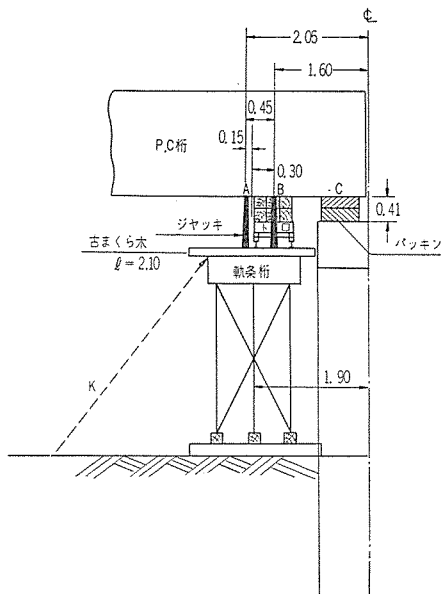
b) 防水工 フランジ上面からの浸透水による種々の影響を防止するためフランジ上面に厚さ 25 mm の防水モルタル層を設けた。練り水として特マノール防水剤を使用しその配合は C : S : W = 1 : 2 : 0.36 とした。施工はフランジ上面および砂利止め側壁内面を十分水洗いの上、桁端から 2 組で作業を進めた。厚さの基準として 8 分板を用いた。桁端は厚さ 50 mm として約 2.0 m 間を排水上、下り勾配とした。2 組でプラントとも 15 人で約 0.5 日の作業であり、養生はシートをかぶせ水をはって約 3~5 日間そのままとした。

7. PC 桁の架設

(1) 架設作業

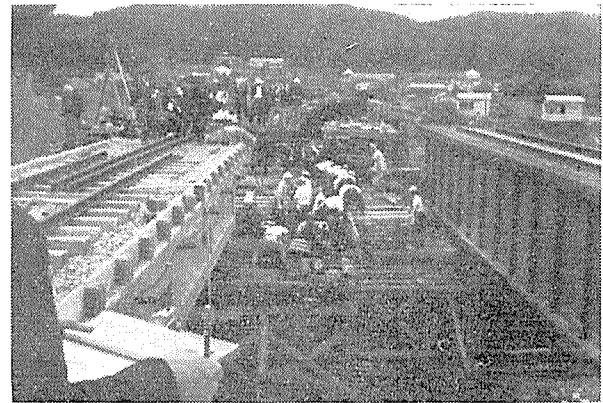
PC 桁の架設は横取り工法により、最も安全で正確である走行トロおよび手巻ウインチを使用することにした。軌道整備した 1 連の PC 桁の重量は約 160 t になるので、ステーシングおよび引出力について横引きの場合の構造物照査をした結果ステーシングは構造的に十分安全であることおよび引出力は引出し時の沈下を 1 m で 10 cm として約 20 t と推定された。次に架設方法は図-7 のとおりで、ステーシング軌条桁の上に古並まくら

図-7 PC 桁架設図



木をべたに敷きこの上に走行用レールとして古 37 kg レールを走行トロ ゲージ 550 mm に敷設した。走行レールはいずれも PC 桁に直角に配置した。トロは 50 t 4台/連であり、ウインチ 2 人巻の巻力は最大 60 kg 桁が動き初めるとき 40~20 kg と推定した。ブロックおよびウインチの台付は地下 1.8 m の所に φ 20 cm の丸太を桁に組み上に 8 分板を敷いて土を盛り突き固めた。ステーシングの前面には横移動標示板を打ちつけ、50 cm 目盛は白ペイントで、1 m 目盛は赤ペイントでマークし PC 桁が左右平均に引かれるよう目印とした。オシミに 3 t レバー ブロック 2 台を使用し、ほかに 4 台をウインチ故障時の引出し予備および引出し当初の補助に準備した。このような段取りにおいて仮鋼桁撤去後横引きを初めた(写真-2)。横取り距離は約 3.0 m で 17~31 分間かかり

写真-2



平均 26 分間である (11 cm/min)。トロを引抜くためのジャッキ点 A は一時的に桁端より約 2.0 m にもなる。これはこの桁の支点限界 1.5 m をはるかにオーバーするから対策として上フランジに φ 7 mm PC 鋼線 $l=6.0$ m 8 本を配置した。A 点に 100 t ジャッキをすえてトロを引抜くため ジャッキ アップするとステーシングはかたより不安定になるので 図-7 の K の位置に「ヤラズ」の丸太 (φ 24 cm) をかけた。これは十分効果があった。A 点でジャッキ アップしてトロを引抜き B 点に 100 t ジャッキを入れてうけかえ、PC 桁を低下した。シューは PC 桁横取前正規の位置に仮置しておき PC 桁低下のさい、桁を修正しつつシューにおさめた。高低の不良は一時シューをライナーでうけ、後でドライパッキング工法によりモルタルを敷いた。その配合は C : S = 1 : 1.5, $w/c=27\%$ である。

桁の低下、シューへのおさめは 30~116 分間 (平均 77 分間) というようにステーシングの沈下復元によるジャッキ操作によって非常に差がある。

(2) 架設後の照査

a) PC 桁の設計位置と架設位置との狂いの最大は、

第2連目であって直角方向の狂いが起点方で川下方向に27 mm, 終点方で川上方向に20 mm となっているが, 橋軸に対する狂いは $0^{\circ}\sim 09'$ で保守の面からみてこれらの狂い量はあまり支障ないと考えられた。

b) PC桁下面の水平 桁座面の水準高と桁架設後桁下面と桁座面とのずれを測った結果, 桁長さにくらべて桁のねじれは僅少で問題にならない。

8. 工程管理

本工事は主要な幹線の営業運転中における桁の架けかえであるので, その架設日については本社支社関係局との合同打合せにより決定した。またこの地方においては気候的に最終11月という期限が必要であったので, そのため各工事種別ごとに日割の工程表を作り, 毎晩当日の実績を検討して雨に憂い晴天には早出作業という日を重ねて工程を予定どおり進めるよう努力した。

9. 施工後の反省, その他

第5連目を昨年11月30日に架設して半年ほど経過したが, 現在まで現場巡検時の所見ではPC桁の各部とも異常はない。次に施工の際の不手際や気づいた点が多多あるがピックアップして記述する。

(1) 型わくについて

a) 検査 工場における組立検査に立合うこと。メタルホームのでき上りは, 極言すれば1 mmの誤差があってもいけない。それはボルトで組立緊縮した場合, 型わくが変形するからである。

b) 横締め鋼棒箇所の型わく この部分の型わくは当初木型にしたが脱型のさい付着して1個ずつ「のみ」でこわし取るといった状態であったので, 鉄製型わくにして軽油をぬり, ハトロン紙を「のり」づけしたところ脱型が容易であった。

c) 面取り, 水切りについて 側飯には面取りをつけないと脱型に苦労する。また下フランジには水切りをつけて水のまわりを防止した方がよい。

d) 鉄型わくの使用について 鉄型わくのコンクリートはハダが非常にきれいであるが気泡がコンクリート面に残る欠点がある。上ぬりの防水剤のコーティングを施工した方がよいと思う。また桁の上フランジは同高とし水勾配をつけない方が作業上便利である。

(2) 配筋と配線

a) かぶりの確保 立方体のモルモル製駒は脱型後コンクリートのハダに現われるので立方体の先に半円体をつけてみたが, 振動をかけたときまだコンクリートの打込んでいない箇所が駒がおどり修正に手を要した。

b) ケーブル位置の確保 シースをのせる組立用横

鉄筋はできれば溶接をすすめる。本工事はすべて鉄線緊結としたが位置の保持のため特に注意と努力を行った。

(3) 緊張作業

a) 桁端とケーブル定着部との離れ 本工事のNo. 8ケーブルは桁上面にあって桁端から約70 cmのはなれであるが, FKKE型ジャッキ長は原形で約82 cmであるから余裕がなく, 少なくとも1.0 mはほしい。

b) 鋼線の引き直し おすコーンの押しこみ中こわされたものは4個(全数の約2%)でこれは全部引き直した。ここに注意を要することは, コーンがこわれ, または鋼線のジャッキ定着部の不完全(PC鋼線の浮きびが原因)である場合, ジャッキが反動で後方に飛ぶから作業員は後方におくことはさけることである。

(4) グラウト工

a) ミキサの回転速度 グラウト ミキサの回転速度は必要以上の高速回転をさけ, なるべくおそい回転で施工するのがよいという意見と回転数の大きいもの(2000~4000 rpm)を用いる方が実験結果から見てよいという意見とがあるが本工事では1500 rpmのものを使用した。これらは特に積雪寒地のグラウト工について検討を要する問題である。

(5) PC桁の架設

a) ジャッキの操作 ジャッキ操作時, 一時的に荷重が集中してステーキングが不等沈下することを補償するには常にジャッキのゲージをにらんで, 他の3点で加減することが必要であるが, 非常に剛性が大きくしかも重量の大きいPC桁についてはジャッキの調節が容易にできないので, 桁座上でパッキンを用いて仮受する形をとった。

b) ステーキングおよび埋戻土の沈下復元 橋脚根掘の際確認された地盤は厚さ3 cmのシルト, 2 cmの砂の互層が約3.5 mでこのシルト層は水をふくむと支持力を失い, 荷重をうけると噴上げる性質があり, ジャッキ支点には杭打ちが必要である。

(6) ジャッキ

ジャッキはオイル式がよい。なお同じ型式であっても載荷のときの上下りが異なるものがある。事前の荷重試験はぜひ必要である。

10. むすび

本工事はわれわれにとって全く新しい未経験の工事であって無事完工できたのは, 国鉄構造物設計事務所および本社の方々の御指導の賜であった。本報告中PC桁の設計計算はすべて構造物設計事務所の計算書によった。紙上を借りて厚くお礼を申し上げる。

(筆者: 国鉄秋田鉄道管理局施設部工事課長, 現仙台鉄道管理局)